

6. Indicadores de movilidad sostenible en contextos globales: desafíos y oportunidades*



MARIANA MARCELINO-ARANDA**

CINTHIA YARELI VELAZQUEZ RAMOS***

ALEJANDRO D. CAMACHO****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.251.06>

Resumen

Ante los retos que engloban los Objetivos del Desarrollo Sustentable, están los de la mitigación a la crisis del cambio climático, que lleva a las naciones en lo particular a generar políticas públicas y acciones concretas. Al respecto, la movilidad urbana sustentable no es un concepto nuevo, sin embargo, ha ganado relevancia en las últimas dos décadas debido a su impacto en las tres dimensiones de la sustentabilidad. Este capítulo presenta un análisis documental sobre las vertientes en las que se han trabajado indicadores de movilidad urbana sustentable entre el periodo de enero-mayo 2024, con el objetivo de identificar brechas y tendencias dentro de la literatura. La metodología empleada es cualitativa, basándose en una revisión de literatura en Web of Science (WoS), Google Scholar y buscador general de Google, con un análisis de 12 artículos y 14 documentos y reportes de organizaciones internacionales. Los resultados muestran siete grupos clave de indica-

* Este capítulo deriva del proyecto de investigación SIP 20230247 y 20240872 Modelo de Negocio Sustentable para la Empresa Familiar Rural. Bases Conceptuales y Empíricas. <https://ges-grupoinvestigacion.com/>

** Doctora en Ciencias Administrativas. Profesora-investigadora del Instituto Politécnico Nacional-UPIIICSA, México. Correspondencia: mmarcelino@ipn.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4997-0617>

*** Estudiante de la carrera de Ingeniería en Transporte del Instituto Politécnico Nacional-UPIIICSA, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0510-297X>

**** Doctor en Ciencias en Ecología Química. Profesor-investigador del Instituto Politécnico Nacional-ENCB, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4791-1912>

dores: accesibilidad, seguridad, eficiencia energética y calidad ambiental, tecnología e innovación, transporte público y modos alternativos, gestión del tránsito y movilidad, y satisfacción del usuario, los cuales deben adaptarse a las características específicas de cada zona de estudio. Además, es importante considerar indicadores referentes al comportamiento ciudadano, características culturales y dinámicas económicas, aunado a implementación de tecnologías inteligentes como elemento clave para avanzar hacia una movilidad urbana más sostenible.

Palabras clave: *Sustentabilidad, movilidad urbana sustentable, indicadores, ciudades.*

1. Introducción

La urbanización global transformó el panorama de las ciudades. Más del 50% de la población mundial reside en áreas urbanas, cifra que se espera que aumente al 70% para 2050. Las ciudades, a pesar de ocupar 3% de la superficie terrestre, consumen entre 60% y el 80% de la energía y generan más del 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero (ONU, 2023).

El desarrollo sustentable de las ciudades es una prioridad global y está contemplada en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), debido a su impacto crucial en el progreso económico, social y ambiental (Ruan et al., 2022). Lograr ciudades sustentables implica abordar de manera equilibrada estas dimensiones y enfrentar desafíos contemporáneos como el cambio climático y la necesidad de infraestructuras adaptadas a las nuevas realidades urbanas (Pérez et al., 2022; Irfan et al., 2022; Vanli, 2023).

Las métricas y los indicadores de desempeño se destacan como herramientas para lograr estos objetivos, ya que permiten la medición y evaluación constante, lo que ayuda identificar áreas de mejora en los sistemas de transporte y la movilidad urbana (Parris y Kates, 2003; UMP, 2023).

El objetivo de este análisis es detectar lagunas y tendencias en la investigación de los indicadores de movilidad urbana sustentable, considerando las distintas vertientes abordadas en el periodo de enero a mayo de 2024. Se utilizó un enfoque cualitativo, a través de la revisión de literatura en la

base de datos Web of Science (WoS), Google Scholar y buscador general de Google, de los dos primeros se rescataron 12 artículos, y del último 14 documentos y reportes de organizaciones internacionales. Los resultados de la revisión revelan la necesidad de adaptar los indicadores a las características particulares de cada área de estudio. Asimismo, es crucial incluir indicadores que aborden el comportamiento ciudadano, características culturales y dinámicas económicas. Además, la implementación de tecnologías inteligentes se destaca como un elemento esencial para avanzar hacia una movilidad urbana más sostenible.

Los indicadores de movilidad urbana son esenciales para evaluar y monitorear el desempeño urbano en términos de sustentabilidad y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, aunado a que permiten identificar áreas de mejora en la planificación y gestión de la movilidad, lo cual es determinante para enfrentar los desafíos climáticos de las ciudades (Cascales y Gómez, 2016; Romero y Lugo-Morín, 2018).

2. Marco teórico

Desde hace más de tres décadas, la sustentabilidad ha tomado relevancia a nivel mundial en el ámbito de la investigación y político; debido al contexto actual de crisis ambiental y de recursos, que es uno de los retos a los que se enfrenta la sociedad del siglo XXI (Liu et al., 2013; López, 2015, Caroleo et al., 2019).

El primer acontecimiento del Desarrollo Sustentable (DS) a nivel internacional sucedió en 1972, en Estocolmo, Suecia, con la celebración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano. En este evento se adoptó la Declaración y el Plan de Acción de Estocolmo, que establecieron principios fundamentales para preservar y mejorar el ambiente humano, además de marcar el establecimiento del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), primer programa dedicado exclusivamente a cuestiones ambientales (ONU, 1973).

En 1987 la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (WCED por sus siglas en inglés) publicó el informe de Brundtland también llamado Nuestro Futuro Común, en el que se define el Desarrollo Sosten-

table como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (WCED, 1987). Aunque no fue el primer documento relacionado con la sustentabilidad, fue fundamental para establecer la definición de DS, además que es la más aceptada y utilizada a nivel global (López, 2015). Para el mismo año, el Banco Mundial dio a conocer su Informe sobre el Desarrollo Mundial, el cual identificó la necesidad de un enfoque más integral de aspectos económicos, sociales y ambientales para un DS (Banco Mundial, 1987).

En 1992, en la Cumbre para la Tierra o Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), destacó la importancia de los factores sociales, económicos y ambientales, como interdependientes y que estos mismos evolucionan juntos (ONU, 1992). Los antecedentes enunciados marcan el hito de buscar equilibrar el crecimiento económico, la equidad social y la protección ambiental para garantizar un futuro viable y conjuntaron el primer escalón para impulsar la visión hacia un futuro más sustentable (López, 2015; Bini & Bellucci, 2020).

En el año 2000, en la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas, líderes mundiales acordaron un grupo de metas conocidos como Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) para combatir aspectos de pobreza, hambre, enfermedades, daño ambiental, entre otros, que tenían como plazo 15 años para cumplirse. Posteriormente, estos ODM fungieron como base para los ODS.

En 2012, se llevó a cabo en Río de Janeiro, Brasil, la conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sustentable (Río +20), con el objetivo de asegurar el compromiso político y evaluar el progreso de los acuerdos establecidos anteriormente, así como iniciar el proceso para desarrollar los ODS. Tres años después, en 2015, las Naciones Unidas dieron a conocer la Agenda 2030, en la que se plantearon los 17 ODS y 169 metas, 193 países integrantes de la ONU, se comprometieron a cumplir los objetivos para el año 2030. El objetivo 11, dedicado a las ciudades y comunidades sustentables, tiene el propósito de lograr que sean inclusivas, seguras, resilientes y sustentables a través de los sistemas de transporte, seguridad vial, urbanización y planificación inclusiva y sustentable, gestión de la calidad del aire, políticas y planes integrados, entre otros. No obstante, a pesar de los esfuerzos,

ciudades de países como Irán, Argelia y Paraguay presentan inadecuadas condiciones de sustentabilidad, problemas ambientales, sociales y económicos (Sdoukopoulos & Pitsiava-Latinopoulou, 2017).

Las urbes son elemento clave para la lucha contra el cambio climático y, no obstante, si bien ocupan menos del 5% de la superficie terrestre, superan el 75% de consumo de los recursos naturales y 78% del consumo de energía, aunado a que son las responsables del 75% de la producción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel mundial (Klopp & Petretta, 2017; ONU, 2023; Banco Mundial, 2023). Específicamente, la contaminación ambiental es un inconveniente para el DS en las ciudades (Alvarado, et al., 2022; Kumar, 2024). Gran parte de esta contaminación se propicia por actividades como la industria y movilidad motorizada, donde el sector transporte genera un poco más del 25% GEI (Semarnat, 2022).

El sector transporte genera problemas de contaminación auditiva, consumo energético, uso de suelo para infraestructura vial, congestionamiento, accidentes viales, entre otros (Asprilla, 2016). En general, estos problemas están vinculados al crecimiento demográfico y a la consecuente expansión de las ciudades (Hernández, et al., 2023). Por lo tanto, los desafíos de la movilidad representan una amenaza crítica para la sustentabilidad urbana (Dragan et al., 2022; Sultan et al., 2021). Lo anterior, ha impulsado a organizaciones y gobiernos a buscar cómo neutralizar la huella ecológica (Ramzan, et al., 2023) y con ello la sustentabilidad se ha convertido en un argumento central y objetivo para la transformación y gestión de la movilidad urbana, lo cual resulta crucial para los responsables de toma de decisiones públicas (Suélen et al., 2021; Sultan et al., 2021; Francisco et al., 2022; Iamtrakul & Klaylee, 2023; Klaylee et al., 2023).

La movilidad urbana se define como la suma de desplazamientos que realizan diariamente los habitantes de una ciudad, con el fin de acceder a diversos destinos, ya sea la vivienda, trabajo, centros educativos, entretenimiento, o cualquier otro punto de interés, al igual, toma en cuenta los modos de transporte utilizados; motorizados o no motorizados y las condiciones de esos viajes; duración, tiempo total invertido en el traslado y otros factores (Yucesan, et al., 2024; Iamtrakul, et al., 2024).

La movilidad dentro de un área urbana es fundamental para el crecimiento económico, ya que facilita la conexión entre distintas áreas de la

ciudad y asegura el funcionamiento normal de los ciudadanos (Mutavdžija, et al., 2024). Sin embargo, las necesidades de movilidad varían considerablemente en diferentes partes de la ciudad y en distintas localidades, lo cual requiere la implementación de estrategias variadas (Berger et al., 2014). Para que sea efectiva, es esencial contar con un espacio urbano planificado de manera coherente y organizado conforme a las necesidades socioeconómicas y ambientales, aprovechando los transportes, servicios e infraestructuras disponibles del lugar (Šemanjski et al., 2018). La insostenibilidad en la movilidad urbana puede afectar gravemente la calidad de vida de los habitantes, tanto en aspectos económicos, sociales y ambientales, mientras que una movilidad sustentable tiene el potencial de mejorarla (Mutavdžija, et al., 2024) al ser un elemento clave.

El concepto de Movilidad Urbana Sustentable (MUS) emerge como una solución integral que aborda los desafíos descritos anteriormente, donde la motivación principal es la necesidad de ciudades responsables con el ambiente, socialmente inclusivas, económicamente viables y que aseguren el bienestar de las personas que las habitan, tanto en el ahora como en el futuro (Yucesan, 2024). En 1963, el Informe Buchanan, publicado por el gobierno de Reino Unido, fue el primero en analizar los efectos ambientales a largo plazo del tránsito vehicular (Gunn, 2011), posteriormente en 1972, con la conferencia de Estocolmo, se comenzó a medir el impacto hacia el ambiente provocado por la movilidad motorizada. Para 2001, dentro del Libro Verde de la Comisión Europea, que se publicó hasta 2007, con el nombre “Libro Verde hacia una nueva cultura de la movilidad urbana”, definió formalmente la necesidad de una movilidad sustentable (CE, 2011), que tomó en cuenta los tres factores de la sustentabilidad.

De acuerdo con Mollinedo (2006), la MUS se debe definir como un sistema de transporte y movilidad que proporcionan los medios y oportunidades necesarios para satisfacer las necesidades económicas, ambientales y sociales de manera eficiente y equitativa, minimizando impactos negativos innecesarios y costos asociados. La MUS tiene como objetivo mejorar la accesibilidad, promover cambios modales, reducir la necesidad de viajar, disminuir la longitud de los viajes, lograr una mayor eficiencia en todo el sistema de transporte (Papa & Lauwers, 2015; Mozos-Blanco et al., 2018) y contribuye a estructurar ciudades más compactas, seguras, limpias, resilien-

tes y activas, de tal manera que mejora la calidad de vida y competitividad (MUSAL, 2014). El concepto de MUS, trasciende más allá de una definición formal, ya que abarca un conjunto de acciones estructuradas dentro de directrices que promueven su desarrollo adecuado (Quintero-González, 2017).

Cabe destacar que durante la pandemia global de coronavirus (COVID-19) las restricciones en la movilidad y el transporte por motivos sanitarios se elevaron, lo que ocasiono reducción en la demanda de ciertos modos de transporte, como el masivo, y un uso relativamente mayor de vehículos privados. No obstante, otras tendencias desencadenaron una nueva perspectiva en los ciudadanos respecto a la aceptación de nuevas formas de movilidad sustentable y priorizaron la movilidad activa o micromovilidad (Zunino, et al., 2020; Schmidt, et al., 2021).

El implementar y poner en práctica el concepto de MUS no es una tarea fácil, ya que requiere un seguimiento continuo para desarrollar políticas adecuadas que la impulsen, lo cual es fundamental para reforzar los compromisos asumidos por los países miembros de la ONU, en relación con los ODS. En este contexto, estos compromisos se fortalecen mediante la implementación de sistemas de seguimiento y presentación de informes, que permiten monitorear los avances (da Silva, et al., 2024; Regmi, 2020). Aunque la sustentabilidad es compleja de medir directamente, se puede evaluar con sistemas de parámetros que representen sus distintas dimensiones (Tafidis, et al., 2017). Asimismo, se han desarrollado herramientas, como los indicadores, que son foco de varios estudios en ciudades para facilitar la evaluación de la MUS (Tafidis, et al., 2017; da Silva, et al., 2024; Gadžo, et al., 2024).

Los indicadores, son herramientas que permiten un análisis individual y objetivo, tanto cuantitativo como cualitativo, del caso de interés (Chakhtoura & Pojani, 2016). Asimismo, permiten evaluar la eficacia y eficiencia de los sistemas de movilidad con el fin de determinar y reconocer fortalezas y debilidades, que establecen áreas de mejora y concentran esfuerzos para abordarlas, y de esta manera planificar un mejor futuro en las ciudades (Yucesan, 2024; Mokarrari et al., 2021).

La ruta hacia un crecimiento urbano sustentable se recorre cada vez más mediante la evaluación del desempeño, este enfoque estratégico incluye la implementación de diversos índices y sistemas de indicadores, esenciales para

que las ciudades definan sus objetivos y estrategias de sustentabilidad (Lo-Iacono-Ferreira, et al., 2022). Los indicadores, trascienden más allá de la recopilación de datos, ya que evalúan conceptos urbanos complejos, que transforman ideas abstractas como la sustentabilidad en métricas cuantificables (Medina-Molina, et al., 2024). Esto es particularmente significativo en el campo de la MUS, donde los indicadores no solo enriquecen la comprensión de los retos, sino que también optimizan la gestión al destacar las dificultades operativas y los impactos sociales (Costa, et al., 2017; Menini, et al., 2021).

3. Metodología

El objetivo de este análisis es detectar vacíos y tendencias en la investigación de los indicadores de movilidad urbana sustentable, considerando las distintas vertientes abordadas dentro del periodo de estudio. La investigación es de carácter cualitativo, donde se realizó una revisión y análisis documental exhaustivo, haciendo uso de la Web of Science (WoS), Google Scholar y el buscador de Google. El proceso de búsqueda se realizó en 3 etapas.

3.1. Etapa 1: Búsqueda en Web of Science

La primera etapa consistió en realizar una búsqueda general sobre los indicadores de movilidad urbana sustentable para comprender su origen, conceptualización y evolución. Se emplearon tres búsquedas, con los criterios por tema y por tipo de documento artículos. Las sentencias de búsqueda fueron las siguientes: 1) “Urban mobility” and “Indicators” and “Sustainable”; 2) “Sustainable Urban Mobility” and “Indicators”; y 3) “Sustainable Urban Mobility Indicators”. Estas búsquedas iniciales no se restringieron temporalmente, pero se puso especial atención en los artículos de revisión, de los cuales destacaron dos artículos publicados en el año 2023.

Estos artículos proporcionaron una base sólida para el análisis y definieron la relevancia temporal del estado del arte, que se enfocó en el periodo de enero a mayo de 2024. Al realizar la búsqueda en este marco temporal específico y utilizar las mismas sentencias y criterios de búsqueda, se

obtuvieron 90 artículos que se revisaron y se identificó que eran un conjunto de artículos idénticos en las tres consultas. Se analizaron los títulos y resúmenes para evaluar su pertinencia con respecto a los indicadores de movilidad urbana sustentable y se seleccionaron siete artículos relevantes que fueron analizados en detalle.

3.2. Etapa 2: Búsqueda en Google Scholar

En la segunda etapa, se realizó una búsqueda complementaria en Google Scholar en la que se utilizó la sentencia de búsqueda “Sustainable Urban Mobility Indicators”, se mantuvo el mismo periodo de tiempo (enero a mayo de 2024) y el criterio de tipo de documentos artículos. Esta búsqueda arrojó 76 artículos. Se excluyeron los siete artículos previamente seleccionados de Web of Science, que también aparecieron en esta búsqueda. De igual manera, se analizaron los títulos y resúmenes de los artículos restantes, donde se escogieron cinco artículos adicionales que cumplieran con los criterios de relevancia.

3.3. Etapa 3: Búsqueda General en la Web

Finalmente, en la tercera etapa, se realizó una búsqueda general, sin periodo de restricción en la web a través de Google para identificar indicadores de movilidad urbana sustentable desarrollados por organismos e instituciones internacionales. Se seleccionaron y analizaron documentos y reportes de organizaciones e instituciones internacionales, Naciones Unidas (ONU), Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP), Comisión Europea (UE), Banco Mundial (BM), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Banco Europeo de Reconstrucciones y Desarrollo (BERD), ISO 37120:2014 e ISO 37122:2019, Unión Internacional de Transportes Públicos (UITP), Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), Foro Oliver Wyman, Civitas Capital, Deloitte Development LLC. Estos documentos proporcionaron un contexto amplio y complementaron la revisión académica con perspectivas prácticas y normativas.

4. Resultados

Tabla 1. Análisis de los artículos extraídos de Web of Science y Google Scholar

<i>Esfera</i>	<i>Autores</i>	<i>Título del Artículo</i>	<i>Región de Estudio</i>	<i>Objetivo</i>
Social	Grande-Ayala, C.	An Assessment of Accessibility from a Socially Sustainable Urban Mobility Approach in Mass Transit Projects.	Triángulo Norte de Centroamérica (El Salvador, Guatemala y Honduras).	Evaluar la accesibilidad desde una perspectiva de movilidad urbana de sustentabilidad social en proyectos de transporte masivo.
	Medina-Molina, C; Pérez-Macías, N; Coronado-Vaca, M	Searching for complexity. Application of the set-theory to the analysis of urban mobility readiness index.	África, América Latina, Medio Oriente y las ciudades menos desarrolladas de Asia-Pacífico.	Aplicar la teoría de conjuntos para analizar el índice de preparación para la movilidad urbana y aplicar métodos avanzados para interpretar de manera más profunda los resultados de los índices de movilidad urbana sustentable.
Ambiental, social	Mutavdzija, M; Kovacic, M; Buntak, K	Moving towards Sustainable Mobility: A Comparative Analysis of Smart Urban Mobility in Croatian Cities.	República de Croacia.	Determinar el nivel de movilidad urbana inteligente en las ciudades de la República de Croacia.
	Iamtrakul, P; Klaylee, J; Raungratanaamporn, IS	Evaluating Sustainable Mobility: Motorized and Non-motorized Modes in Suburban Areas of Thailand.	Provincia de Pathum Thani en Tailandia.	Evaluar la movilidad sustentable en áreas suburbanas de Tailandia.
	Öztürk, E. A.	Sustainable urban transportation performance in Ankara: A comparative study.	Ankara, Turquía.	Comparar el desempeño del transporte urbano sustentable en Ankara.

<i>Metodología/Método</i>	<i>Aportaciones</i>	<i>Indicadores Utilizados</i>	<i>Retos y limitaciones</i>
Análisis cuantitativo y cualitativo de accesibilidad.	El estudio aporta una metodología innovadora para evaluar la accesibilidad en proyectos de movilidad urbana, destacando la importancia de la equidad y la eficiencia espacial en la sustentabilidad social.	Accesibilidad, (dividido en equidad y eficiencia espacial).	Falta de datos integrales y comparativos, además de la aplicación en un contexto específico.
Aplicación de la teoría de conjuntos para el análisis de datos.	Proporciona una hoja de ruta para que los formuladores de políticas logren la movilidad urbana sustentable.	Preparación en infraestructura Uso de tecnologías de transporte, eficiencia operativa y resiliencia.	Complejidad en la recopilación y análisis de datos.
Análisis comparativo basado en indicadores de movilidad sustentabilidad de las normas ISO 37120:2018 e ISO 37122:2019.	A partir de los resultados obtenidos, la administración de la ciudad puede definir proyectos con los que intentar desarrollar y además fomentar la MUS.	Indicadores relacionados con el campo del transporte, que incluyen elementos clave de la movilidad urbana con énfasis en las tecnologías inteligentes.	Disparidades en la implementación de políticas y diferencias regionales y administrativas.
Observación directa, encuestas, análisis de datos de transporte.	Propuesta de estrategias con enfoque alternativo para la formulación de políticas de transporte, que preparan de manera innovadora a las ciudades para la movilidad sustentable y el desarrollo urbano.	Transitabilidad para peatones, seguridad del tránsito seguridad vial, atractivo y calidad ambiental, infraestructura y tecnología infraestructura y servicios de transporte infraestructura de transporte alternativo.	Infraestructura limitada, alta dependencia de transporte privado y falta de datos a largo plazo.
Análisis comparativo de indicadores de desempeño.	Evaluación del desempeño del transporte urbano en términos de sustentabilidad.	Índice de Transporte Urbano Sustentable (SURKENT): propuesta de indicadores específicos para evaluar el desempeño sustentable del transporte.	Contexto específico de Ankara, variabilidad en la implementación de políticas y datos limitados a un contexto urbano específico.

<i>Esfera</i>	<i>Autores</i>	<i>Título del Artículo</i>	<i>Región de Estudio</i>	<i>Objetivo</i>
Ambiental, social, económico	Yucesan, M; Özkan, B; Mete, S; Gul, M; Özceylan, E	Evaluating sustainability of urban mobility of Asian cities: An integrated approach of interval type-2 fuzzy best-worst method and MULTIMOORA.	Ciudades de Asia.	Evalúan la sustentabilidad de la movilidad urbana en ciudades asiáticas, desde un enfoque integrado del método difuso mejor. -peor de intervalo tipo 2 y MULTIMOORA.
	ElSerafi, T	Assessing streetscape development effects on walking and cycling in historic contexts: the case study of Afrang district, Port Said, Egypt.	Afrang district, Port Said, Egipto.	Evaluar los efectos del desarrollo de calles en la caminabilidad y ciclabilidad en contextos históricos.
	Al-Shammari, A; Al-Jameel, H.	Evidence-based review: Sustainable indicators for urban road networks.	No específico (revisión de literatura global).	Examinar estudios previos en detalle para crear una descripción sistemática de indicadores relevantes y científicamente sólidos para varios aspectos de la movilidad sustentable aplicables en una variedad de contextos sociales y económicos a nivel mundial.
	Politis, I; Araniou, V; Simos, G; Georgiadis, G; Nikolaidou, A; Sdoukopoulos, A; et al.	A smart KPI system for reinforcing sustainable urban mobility plans under pandemic crises.	Contextos urbanos globales.	Desarrollar un sistema de indicadores para reforzar los planes de movilidad urbana sustentable durante crisis pandémicas.
	Antczak, E; Wiaderny, Ł	Quantification and Assessment of Sustainable Urban Mobility Development in Selected EU Countries Using a Composite Index.	Países de la Unión Europea (Polonia, Alemania, España).	Cuantificar y evaluar el desarrollo de la movilidad urbana sustentable en países de la Unión Europea (UE).
	Gadžo, E; Mujić, A; Lindov, O	Sump Indicators in Focus – Investigating Modal Distribution in Urban Mobility Research.	Ciudades de Bosnia y Herzegovina (Sarajevo, Mostar).	Mostrar la utilidad de los indicadores propuestos por la Comisión Europea (SUMI).
	da Silva, ANR; Tan, FM; de Sousa, PB	Key sustainable mobility indicators for university campuses	Campus universitarios en Brasil.	Identificar indicadores clave de movilidad sustentable en campus universitarios.

Fuente: elaboración propia.

<i>Metodología/Método</i>	<i>Aportaciones</i>	<i>Indicadores Utilizados</i>	<i>Retos y limitaciones</i>
Enfoque integrado de tipo-2 fuzzy best-worst method y MULTIMOORA	Se espera que los resultados obtenidos en este estudio ayuden a las ciudades a crear una hoja de ruta para planificar la movilidad urbana sustentabilidad (por ejemplo, Plan de Movilidad Urbana sustentable).	Emisiones (CO ₂ , NO _x), eficiencia energética, accesibilidad a transporte público, uso del suelo, calidad del aire, satisfacción del usuario, costos de operación	Recolección de datos precisos y diversos.
Observación directa, encuestas a usuarios, análisis de desarrollo urbano.	Proporciona recomendaciones para mejorar la infraestructura peatonal y ciclista en áreas históricas.	Caminabilidad, ciclabilidad, calidad del espacio público, seguridad, accesibilidad, satisfacción del usuario.	Adaptación de infraestructura de transporte no motorizado en áreas históricas.
Revisión bibliográfica y análisis comparativo.	Los indicadores presentados pueden ser utilizados por investigadores, profesionales y tomadores de decisiones para evaluar y mejorar la sustentabilidad de los sistemas de transporte urbano en todo el mundo.	Seguridad vial (accidentes, lesiones), eficiencia del transporte (tiempos de viaje, costos), impacto ambiental (emisiones, ruido), accesibilidad, infraestructura vial.	Recolección de datos consistentes y confiables.
Revisión de la literatura sobre indicadores de movilidad urbana sustentable y encuestas a grupos de la población.	El artículo propone un nuevo sistema de indicadores para reforzar los Planes de Movilidad Urbana Sustentable, en el contexto de las crisis pandémicas. El sistema de indicadores está diseñado para ser específico, medible, alcanzable, relevante y oportuno. Además, tiene en cuenta las necesidades y requisitos de diferentes grupos de población.	Resiliencia, adaptabilidad, eficiencia en crisis, continuidad del servicio, seguridad, capacidad de respuesta, infraestructura crítica.	Adaptabilidad de los planes de movilidad a situaciones de crisis.
Movilidad urbana en la UE.	Análisis cuantitativo utilizando un índice compuesto.	Emisiones de CO ₂ , uso de transporte público, infraestructura verde, eficiencia energética, calidad del aire, accesibilidad, movilidad activa (bicicleta, caminar).	Diferencias en los datos disponibles entre países y variabilidad en la implementación de políticas de movilidad sustentable.
Distribución modal en la movilidad urbana .	Análisis de datos empíricos sobre distribución modal.	Método refinado para la recopilación de datos, abarca tanto indicadores básicos como adicionales de los Planes de Movilidad Urbana Sustentable (PMUS).	Recolección y análisis de datos precisos sobre distribución modal.
Movilidad en campus universitarios	Revisión bibliográfica y análisis de estudios de caso.	Listado de indicadores clave para evaluar la movilidad sustentable en entornos universitarios.	Adaptación de indicadores a diferentes contextos universitarios y diversidad de campus y comportamientos estudiantiles.

En la esfera social, Grande-Ayala (2024) destaca la accesibilidad, la equidad y la eficiencia espacial como indicadores clave para la MUS. Los hallazgos del estudio proporcionan una discusión detallada sobre cómo estos indicadores contribuyen a una distribución equitativa del acceso al transporte y mejorar la eficiencia del uso del espacio urbano. Medina-Molina et al. (2024) sugieren una hoja de ruta para lograr una MUS, subrayan la importancia de la infraestructura y las tecnologías de transporte como indicadores de preparación para esta meta.

De manera similar, en las esferas ambiental y social, Mutavdzija et al. (2024) utilizan normas ISO para evaluar la movilidad urbana inteligente, se destacan indicadores relacionados con el transporte y las tecnologías inteligentes, así como estándares internacionales que ayudan a evaluar y mejorar la sustentabilidad de las ciudades inteligentes. Iamtrakul et al. (2024) proponen indicadores enfocados en peatones, seguridad vial, calidad ambiental y tecnología para transitar hacia una MUS. Mientras que Öztürk (2024) formula el Índice de Transporte Urbano Sustentable (SURKENT), que es un conjunto de indicadores para evaluar el desempeño sustentable del transporte urbano.

En cuanto a los artículos que abordan las tres esferas, Yucesan et al. (2024) exploran un enfoque integrado del método fuzzy best-worst tipo 2 y MULTIMOORA, identifican la importancia de indicadores como emisiones de CO₂ y NO₂, eficiencia energética, accesibilidad al transporte público, uso del suelo y calidad del aire. ElSerafi (2024) analiza la caminabilidad y ciclabilidad, la calidad del espacio público, la seguridad y la accesibilidad como indicadores clave en contextos históricos y urbanos. Por su parte, Al-Shammari y Al-Jameel (2024) delinean indicadores de seguridad vial, eficiencia del transporte, impacto ambiental y accesibilidad para evaluar la sustentabilidad de las redes viales urbanas. Politis et al., (2024), crean un sistema de indicadores, para una MUS en contextos de pandemia. Por su lado Antczak & Wiaderny (2024) miden y evalúan el desarrollo de la MUS en países de la Unión Europea donde utilizan indicadores como eficiencia energética, accesibilidad y calidad del aire. Gadžo (2024) desarrolla un método para la recopilación de datos, considerando indicadores básicos de la

Comisión Europea y de Planes de Movilidad Urbana Sustentable. Finalmente, da Silva et al. (2024) formulan indicadores específicos para evaluar la movilidad sustentable en entornos universitarios.

Las metodologías utilizadas en los estudios van desde análisis cuantitativos y cualitativos, hasta el uso de técnicas avanzadas como la teoría de conjuntos y método fuzzy, lo cual refleja la complejidad en la evaluación de la MUS. En los estudios de caso se proponen indicadores funcionales para su contexto. Además, se suma la tecnología como factor determinante o auxiliar para mejorar significativamente la planificación, implementación de políticas e incentivar la MUS. Varios estudios abordan la accesibilidad como un indicador principal para garantizar políticas efectivas y facilitar la transición hacia una movilidad sustentable (Grande-Ayala, 2024; Yucesan, 2024; ElSerafi, 2024; Al-Shammari et al., 2024; Antczak & Wiaderny, 2024).

A nivel de organismos e instituciones internacionales se han desarrollado marcos y metodologías para evaluar y mejorar la movilidad en las ciudades, para proponer un sistema de indicadores estandarizado, replicado, a nivel municipal, regional o local, que busque evaluar su desempeño con rigor y transparencia, sin importar su tamaño o ubicación geográfica (ISO, 2018) (Ver tabla 2).

Tabla 2. Organismos internacionales que abordan la movilidad urbana sustentable

<i>Indicadores</i>	<i>Organismo e instituciones</i>	<i>Objetivo</i>
Iniciativa para la Prosperidad Urbana (CPI)	Naciones Unidas (ONU)	Establecer un marco general de monitoreo que permita a las ciudades, países y comunidad internacional medir sus progresos e identificar posibles dificultades.
Indicadores de los ODS.	Naciones Unidas (ONU)	Lograr ciudades y asentamientos inclusivos, seguros, resilientes y sustentables.
Índice de Transporte Urbano Sostenible (SUTI)	Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP)	Evaluar el estado del transporte urbano en las ciudades y comparar su desempeño con respecto a la sostenibilidad urbana y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
Indicadores de Movilidad Urbana Sustentable (SUMI).	Comisión Europea (UE)	Promover el desarrollo urbano sostenible en los países miembros de la Unión Europea.
Indicadores de Desarrollo Mundial (WDI).	Banco Mundial (BM)	Proveer datos sobre el desarrollo económico, social y ambiental para guiar políticas y estrategias de desarrollo.
Indicadores de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (IICES).	Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	Evaluar y mejorar la sustentabilidad de las ciudades en América Latina y el Caribe.

<i>Indicadores</i>	<i>Organismo e instituciones</i>	<i>Objetivo</i>
Metodología del Programa de Ciudades Verdes (MPCV).	Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD)	Fomentar el crecimiento económico sostenible.
ISO 37120:2018	Organización Internacional de Normalización (ISO)	Proveer un conjunto de indicadores estandarizados para medir el desempeño de los servicios y la calidad de vida urbana.
ISO 37122:2019	Organización Internacional de Normalización (ISO)	Proveer un marco de indicadores para medir el progreso de las ciudades hacia la sostenibilidad e inteligencia urbana.
Indicadores de caminos y transporte público (ICTP).	Unión Internacional de Transportes Públicos (UITP)	Fomentar y supervisar la inversión en infraestructuras para los desplazamientos a pie y el transporte público
Indicadores de movilidad sustentable en las ciudades (SMP2.0).	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD)	Conjunto de indicadores que midan el potencial de la movilidad sustentable en las ciudades.
Índice de preparación para la movilidad urbana (UMR).	Foro Oliver Wyman	Facilitar a las ciudades la comprensión de su estado actual y el seguimiento de su progreso en la adopción de soluciones de movilidad sostenible.
Indicador de movilidad sustentable a nivel de ciudad (IMSC).	Civitas Capital Advisory Group 5 Data and Statistics	Medir el rendimiento de los sistemas de transporte y movilidad en las ciudades.
Índice de movilidad urbana de Deloitte 2020 (IMUD).	Deloitte Development LLC	Crear una nueva y mejor manera de medir la salud de su red de movilidad y su preparación para afrontar el futuro.

Fuente: elaboración propia.

De manera general, en cuanto a los indicadores para la evaluación de la MUS, según organismos y la literatura consultada, se identifican las siguientes dimensiones clave (Tabla 3).

Tabla 3. Indicadores para la evaluación de la MUS

<i>Tema</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Indicador, autor.</i>
Accesibilidad	Acceso a servicios esenciales. Acceso conveniente al servicio de transporte público. Distancia caminando hasta el transporte público. Accesibilidad al transporte público para colectivos con movilidad reducida. Proporción de la población que vive a menos de 2 km de una carretera transitable todo el año. Acceso a servicios de movilidad. Índice de asequibilidad. Asequibilidad del transporte público para familias de menores ingresos. Costo del transporte público. Asequibilidad – costo del viaje como porcentaje del ingreso mensual.	UMR, SUTI, ODS, SUMI, SMP2.0, IMSC, IICES.
Seguridad	Seguridad vial. Proporción de la población que se siente segura al caminar sola en su zona de residencia. Accidentes en el tránsito por 100,000 habitantes. Muertes en accidentes de tránsito, incluidos conductores y pasajeros de vehículos de motor, bicicletas y peatones.	ODS, SUTI, IMSC, SUMI, Antczak & Wiaderny, Al-Shammari & Al-Jameel
Eficiencia energética y calidad ambiental	Eficiencia energética. Consumo de combustible per cápita. Emisiones de gases de efecto invernadero en todo el sector del transporte (toneladas per cápita). Emisiones de CO2 del transporte personal per cápita, de autos nuevos matriculados. Emisiones de GEI y GEI/PIB. Emisiones de NO emitida por usuarios de carro. Perturbación por ruido. Concentración de PM10. Niveles medios anuales de partículas finas en suspensión (por ejemplo, PM2.5 y PM10) en las ciudades. Superficie de espacios sociales públicos per cápita. Años de vida perdidos debido a la exposición a PM2.5.	SUTI, SUMI, SURKENT, IMSC, SMP2.0, IICES, ODS, Politis et al., Antczak & Wiaderny, Al-Shammari & Al-Jameel.
Tecnología e innovación	Porcentaje de semáforos que son inteligentes. Madurez de aplicaciones multimodales. Rendimiento de sistemas de transporte inteligentes. Porcentaje de calles y vías de la ciudad cubiertas por información y alertas de tránsito en línea en tiempo real. Número de usuarios de transporte de economía colaborativa por cada 100,000 habitantes. Porcentaje de vehículos matriculados en la ciudad que son vehículos de bajas emisiones. Porcentaje de vehículos matriculados en la ciudad que son vehículos autónomos. Porcentaje de carreteras que cuentan con sistemas de conducción autónoma. Tránsito autónomo en funcionamiento. Sistema de planificación y administración de transporte. Resiliencia ante desastres y perturbaciones ecológicas/sociales.	ISO37122:2019, UMR, SURKENT, SMP2.0.

<i>Tema</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Indicador, autor.</i>
Transporte público y modos alternativos	Kilómetros de carriles y carriles para bicicletas. Kilómetros de senda para bicicleta cada 100,000 habitantes. Espacio peatonal en las aceras a lo largo de las carreteras principales durante las horas pico. Kilómetros de pavimento y vía peatonal cada 100,000 habitantes. Infraestructura de transporte público. Diseño y mantenimiento de carreteras. Número anual de viajes en transporte público per cápita. Diversidad de modos de transporte público. Participación del transporte de pasajeros por ferrocarril y autobús. Kilómetros de sistema de transporte público por 100,000 habitantes. Kilómetros de vías dedicados exclusivamente al transporte público cada 100,000 habitantes. Participación modal del transporte público y activo en los desplazamientos. Tiempo estimado de llegada en tránsito. Fortalecimiento de la red multimodal. Red ferroviaria. Densidad de estaciones de transporte público. Transporte seguro. Sistema de transporte alternativo Porcentaje de líneas de transporte público equipadas con un sistema de información en tiempo real de acceso público. Porcentaje de servicios de transporte público de la ciudad cubiertos por un sistema de pago unificado. Porcentaje de plazas de aparcamiento público equipadas con sistemas de disponibilidad en tiempo real. Porcentaje de rutas de transporte público con conectividad a Internet proporcionada y/o gestionada por el municipio para los viajeros.	ISO 37120:2018, ISO 37122:2019, IICES, IMSC, IMUD, MPCV, SUTI, SURKENT, UMR, Antczak & Wiaderny, lamtrakul et al., y Politis et al.
Gestión del tránsito y movilidad	Reducción de tránsito. Relación entre la oferta y la demanda de aparcamiento en el centro de la ciudad. Relación volumen/capacidad (V/C) en la red de carreteras principales. Utilización del transporte público. Número de automóviles de pasajeros (por 100,000 habitantes). Distancias y tiempos de viaje por modo. Cantidad de automóviles per cápita. Distancias a paraderos de transporte público.	IMUD, UMR, IMSC, IICES, MPCV, lamtrakul et al., Politis et al., Antczak & Wiaderny.
Satisfacción del usuario	Satisfacción ciudadana con el sistema de transporte. Calidad de espacios públicos	SUMI, IMSC, SMP2.0, IMUD.

Fuente: elaboración propia.

Los indicadores de MUS son fundamentales para evaluar el avance de las ciudades hacia la sustentabilidad. De acuerdo al análisis se pueden agrupar en siete categorías clave: 1) accesibilidad, que mide la capacidad de las personas para acceder a servicios básicos de manera inclusiva y asequible; 2) seguridad, centrada en la seguridad ciudadana y vial; 3) eficiencia energética y calidad ambiental, que incluye el consumo de combustible, emisiones de gases de efecto invernadero y la calidad del aire; 4) tecnología e innovación, que mide la implementación y adopción de tecnologías avanzadas en movilidad; 5) transporte público y modos alternativos, enfocado en la infraestructura y diseño urbano para modos de transporte activos y motorizados; 6) gestión del tránsito y movilidad, que enfatiza la regulación del flujo vehicular; y 7) satisfacción del usuario, que evalúa la calidad y servicio de los sistemas de transporte desde la perspectiva del usuario.

Numerosas ciudades ya emplean estos indicadores en aras de llevar un seguimiento claro de sus sistemas de movilidad. Esto permite monitorear la evolución general de la movilidad y evaluar el impacto de las medidas implementadas (Finger & Serafimova, 2020). Un grupo de indicadores estandarizados, metódicos y prácticos puede permitir que las autoridades tengan una mejor comprensión del estado actual de la ciudad en cuanto a la MUS y su implementación más eficiente (Gadžo et al., 2024). No obstante, las ciudades varían en términos de geografía, clima, infraestructura, densidad poblacional y patrones de movilidad, lo cual hace que un conjunto único de indicadores no sea aplicable de manera efectiva en todas las situaciones (da Silva et al., 2024; Iamtrakul et al., 2024).

Con la revisión de la literatura asociada a los indicadores de MUS, se encuentra que el problema ha sido atendido desde las vertientes de su mediación en campus universitarios, contextos históricos, situaciones de pandemia, modos de transporte masivos, áreas urbanas y suburbanas, ciudades inteligentes, e inclusive para la preparación de las ciudades hacia la MUS.

Dentro los desafíos y limitaciones, los autores consideran que las condiciones y contextos diferentes de las ciudades no permiten que los indicadores sean aplicables de manera general, ya que algunos de ellos pueden ser más o menos representativos según las zonas de estudio, lo que propicia la necesidad de adaptar o agregar indicadores, que con la ayuda de estudios se pueden identificar aquellos más apropiados (da Silva, 2024, Iamtrakul et

al., 2024, Mutavdžija, et al., 2024). Adicionalmente, la segregación, acceso limitado, falta de datos, confiabilidad, sistematización, y georreferencia de la información constituyen una limitación para el desarrollo de la aplicación y/o seguimiento de indicadores, además de propiciar a evaluaciones subjetivas (Mutavdžija, et al., 2024; Grande-Ayala, 2024).

A buen conocimiento de los autores, se considera que falta por atender el lente multifacético de la MUS desde la perspectiva del comportamiento de los usuarios, características culturales y de entorno, tendencias económicas, movilidad urbana inteligente, (Iamtrakul et al., 2024, Medina-Molina et al., 2024; Mutavdžija, et al., 2024, ElSerafi, 2024).

Motivados por lo anterior y al considerar la diversidad de condiciones y contextos urbanos, nuestra hipótesis es que, pese a la normalización de las organizaciones, los indicadores actuales de MUS enfrentan desafíos para su aplicación universal, por lo que a través de métodos estadísticos se pueden identificar los indicadores que mejor se adapten a la realidad de la zona o zonas de estudios, con el fin de obtener evaluaciones precisas y relevantes. Además, implementar indicadores que consideren el comportamiento de los ciudadanos, características culturales y dinámicas económicas, mejoraría el estudio.

La implementación de tecnologías inteligentes es un elemento clave para impulsar la MUS, que no solo se debe de aplicar a la movilidad de las ciudades, sino también a las bases de datos para tener información unificada que permita implementación y seguimiento adecuado de los indicadores.

5. Conclusiones

Los indicadores de MUS son herramientas que permiten medir y evaluar el desarrollo de ciudades hacia un futuro más sustentable. Además, facilitan la formulación de estrategias efectivas para alcanzar este objetivo. A través de este análisis documental se identificaron siete categorías de indicadores de MUS: accesibilidad, seguridad, eficiencia energética y calidad ambiental, tecnología e innovación, transporte público y modos alternativos, gestión del tránsito y movilidad, y satisfacción del usuario. Estas categorías proporcionan un marco integral para medir y mejorar la movilidad urbana, adap-

tándose a las necesidades y características específicas de cada ciudad de estudio.

La diversidad en geografía, infraestructura, patrones de movilidad y otros aspectos entre ciudades, dificulta la posibilidad de aplicar un conjunto único de indicadores de manera universal, por lo que en ocasiones se recurre a la adaptación o adición de indicadores específicos a cada contexto urbano, lo cual se puede lograr mediante estudios detallados, como los estadísticos, para identificar los indicadores más apropiados para cada zona.

La literatura revisada muestra que el problema de la MUS ha sido abordado desde múltiples perspectivas, incluyendo campus universitarios, contextos históricos, situaciones de pandemia, modos de transporte masivo, áreas urbanas y suburbanas, y ciudades inteligentes. Sin embargo, existen desafíos y limitaciones significativas, como la segregación, acceso limitado a datos, falta de confiabilidad y sistematización de la información, y la necesidad de evaluaciones menos subjetivas.

Además, se identificó que es necesario abordar la MUS desde una perspectiva multifacética que incluya el comportamiento de los usuarios, las características culturales y de entorno, y las tendencias económicas. Implementar tecnologías inteligentes en la movilidad urbana y en la gestión de bases de datos es esencial para lograr un seguimiento adecuado y eficiente de los indicadores.

Aunque los indicadores actuales de MUS proporcionan una base para la evaluación de la movilidad urbana, enfrentan desafíos para su aplicación universal. La utilización de métodos estadísticos para identificar los indicadores más adecuados para cada contexto urbano, así como la consideración de factores de comportamiento, culturales y económicos, permitirá evaluaciones más precisas y relevantes. La implementación de tecnologías inteligentes complementará este proceso, y facilitará el proceso a una MUS.

6. Referencias

Al-Shammari, A., y Al-Jameel, H. (2024, May). Evidence-based review: Sustainable indicators for urban road networks. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3091, No. 1). AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0205158>

- Alvarado, R., Tillaguango, B., Cuesta, L., Pinzón, S., Alvarado-López, MR, Işık, C., y Dagar, V. (2022). Biocapacity convergence clubs in Latin America: an analysis of their determining factors using quantile regressions. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (44), 66605-66621.
- Antczak, E., y Wiaderny, Ł. (2024). Quantification and assessment of sustainable urban mobility development in selected EU Countries using a composite Index. *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Oeconomica*, 4(365). Doi: 10.18778/0208-6018.365.01
- Asprilla, Y. (2016). La movilidad urbana sostenible: un paradigma en construcción en el contexto del cambio climático. *Revista Iberoamericana Universitaria en el ambiente, sociedad y sustentabilidad*, 2(3), 1621-181. ISSN 2346-9269.
- Banco Mundial (1987). *Informe sobre el Desarrollo Mundial 1978*. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/677641468134388910/pdf/3478410spanish.pdf>
- Banco Mundial, (2023). *Desarrollo urbano*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>
- BERD. Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo. (2021). *Metodología del Programa de Ciudades Verdes*. <https://es.shiftcities.org/organization/european-bank-reconstruction-and-development>
- Berger, G., Feindt, P. H., Holden, E. y Rubik, F. (2014). Sustainable mobility—challenges for a complex transition. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 16(3), 303-320. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2014.954077>
- BID. Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). *Indicadores de la Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles*. <https://www.igc.org.ar/metropolitano/lerma/Docs/1.Info-Referencia/ICES-BID/ICES-Anexo2Indicadores.pdf>
- Bini, L., y Bellucci, M. (2020). Integrated sustainability reporting. *Integrated Sustainability*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-24954-0>
- BM. Banco Mundial. *Indicadores de desarrollo mundial*. (2023). <https://globaltradedata.wto.org/es/node/15788>
- Caroleo, B., Morelli, N., Lissandrello, E., Vesco, A., di Dio, S., y Mauro, S. (2019). Measuring the change towards more sustainable mobility: MUV impact evaluation approach. *Systems*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/systems7020030>
- Cascales, G. M., y Gómez, P. J. (2016). Estudio del arte de indicadores de movilidad urbana sostenible. *Anuario de Jóvenes Investigadores*, (9), 54-57.
- CE. Comisión Europea. (2020). *Sustainable Urban Mobility Indicators (SUMI)*. https://transport.ec.europa.eu/index_en#:~:text=Sustainable%20urban%20mobility%20indicators%20are,focus%20on%20areas%20for%20improvement.&text=To%20support%20cities%20with%20the,is%20available%20free%20of%20charge.
- CE. European Commission. (2011). *Roadmap to a single European transport area—Towards a competitive and resource efficient transport system (white paper)*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:en:PDF>
- Chakhtoura, C., y Pojani, D. (2016). Indicator-based evaluation of sustainable transport plans: A framework for Paris and other large cities. *Transport Policy*, 50, 15-28. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.05.014>

- Civitas Capital Advisory Group 5 Data and Statistics. (2016). *City level Sustainable Mobility Indicator Descriptions*. https://civitas.eu/sites/default/files/civitas_capital_ag5_brochure_indicators_final.pdf
- Costa, P. B., Neto, G. M., y Bertolde, A. I. (2017). Urban mobility indexes: A brief review of the literature. *Transportation research procedia*, 25, 3645-3655. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.330>
- da Silva, A. N. R., Tan, F. M., y de Sousa, P. B. (2024). Key sustainable mobility indicators for university campuses. *Environmental and Sustainability Indicators*, 22, 100371. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100371>
- Deloitte Development LLC. (2020). *The 2020 Deloitte City Mobility Index*. https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4331_Deloitte-City-Mobility-Index/2020/DCMI_Methodology_2020_WEB.pdf
- Dragan P., Vladimir S., Dragan L., Mom D. y Muhammet D. (2022). Prioritization of sustainable mobility sharing systems using integrated fuzzy DIBR and fuzzy-rough EDAS model. *Sustainable Cities and Society*, 82, 103910. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103910>
- ElSerafi, T. (2024). Assessing streetscape development effects on walking and cycling in historic contexts: the case study of Afrang district, Port Said, Egypt. *Open House International*, 49(2), 244-263. <https://doi.org/10.1108/OHI-02-2023-0024>
- ESCAP. Economic and Social Commission for Asia and the Pacific. (2017). *Sustainable Urban Transport Index (SUTI)*. <https://www.unescap.org/our-work/transport/suti>
- Finger, M., y Serafimova, T. (2020). Towards a common European framework for sustainable urban mobility indicators. *Policy Briefs*, 39.
- Francisco N., Elías A., Javier L. y Antonio Z. (2022). Socially sustainable mobility: Strategic analysis to identify accessibility barriers. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103420. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103420>
- Gadžo, E., Mujić, A., y Lindov, O. (2024). Sump Indicators in Focus—Investigating Modal Distribution in Urban Mobility Research. *Journal of Road and Traffic Engineering*, 70(1), 19-22. <https://doi.org/10.31075/PIS.70.01.04>
- Grande-Ayala, C. E. (2024). An Assessment of Accessibility from a Socially Sustainable Urban Mobility Approach in Mass Transit Projects: Contributions from the Northern Central American Triangle. *Sustainability*, 16(9), 3766. <https://doi.org/10.3390/su16093766>
- Gunn, S. (2011). The Buchanan Report, environment and the problem of traffic in 1960s Britain. *Twentieth Century British History*, 22(4), 521-542. <https://doi.org/10.1093/tcbh/hwq063>
- Hernández Cerda, C. N., Ávila Galarza, A., y Cerda Alonso, D. G. (2023). Impact of urban mobility on air quality in the metropolitan area of San Luis Potosí, Mexico. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(1). <https://doi.org/10.15359/rca.57-1.8>
- Iamtrakul P. y Klaylee J. (2023). Creating A prototype smart city for A case of developing world: Pathum Thani, Thailand. *GMSARN International Journal*, 17(1), 67–75.
- Iamtrakul, P., Klaylee, J., y Raungratanaamporn, I. S. (2024). Evaluating sustainable mo-

- bility: motorized and non-motorized modes in suburban areas of Thailand. *Evaluation review*, 0193841X241233669. <https://doi.org/10.1177/0193841X241233669>
- Irfan, M., Elavarasan, R. M., Ahmad, M., Mohsin, M., Dagar, V., y Hao, Y. (2022). Prioritizing and overcoming biomass energy barriers: Application of AHP and G-TOPSIS approaches. *Technological Forecasting and Social Change*, 177, 121524. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121524>
- Organización Internacional de Normalización. (2018). *Sustainable cities and communities Indicators for city services and quality of life (ISO 37120:2018)*. <https://www.iso.org/standard/68498.html>
- ISO. Organización Internacional de Normalización. (2019). *Sustainable cities and communities — Indicators for smart cities (ISO 37122:2019)*. <https://www.iso.org/standard/68498.html>
- Klaylee J., Iamtrakul P. y Padon A. (2023). Effect of urban metabolism on energy consumption in mobility system. *GMSARN International Journal*, 17, 76–84.
- Klopp, JM, y Petretta, DL (2017). The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities*, 63, 92-97.
- Kumar, P., Gupta, S., y Dagar, V. (2024). Sustainable energy development through non-residential rooftop solar photovoltaic adoption: Empirical evidence from India. *Sustainable Development*, 32(1), 795-814.
- Liu, K., Wang, C. X., Song, S. S., y Li, Q. (2013). Evaluation on Sustainable Development Level-A Case Study of Liaocheng City. *Applied Mechanics and Materials*, 361, 111-114. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.361-363.111>
- Lo-lacono-Ferreira, V. G., Garcia-Bernabeu, A., Hilario-Caballero, A., y Torregrosa-López, J. (2022). Measuring urban sustainability performance through composite indicators for Spanish cities. *Journal of Cleaner Production*, 359, 131982.
- López Pardo, I., (2015). Sobre el desarrollo sostenible y la sostenibilidad: conceptualización y crítica. *Barataria. Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, (20), 111-128. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=322142550007>
- Medina-Molina, C., Pérez-Macías, N., y Coronado-Vaca, M. (2024). Searching for complexity. Application of the set-theory to the analysis of urban mobility readiness index. *Discover Sustainability*, 5(1), 10. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00187-5>
- Menini, S. E., Silva, T. O. D., Pitanga, H. N., y Santos, A. D. P. D. (2021). Method for using nonmotorized modes of transportation as a sustainable urban mobility index in university campuses. *Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems*, 147(2), 05020010. <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.0000483>
- Mokarrari, K. R., y Torabi, S. A. (2021). Ranking cities based on their smartness level using MADM methods. *Sustainable Cities and Society*, 72, 103030. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103030>
- Mollinedo, C. L. (2006). Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI. *Economía Sociedad y Territorio*, 6(22), 283-321. <https://doi.org/10.22136/est002006260>
- Mozos-Blanco, M. Á., Pozo-Menéndez, E., Arce-Ruiz, R., y Baucells-Aletà, N. (2018). The

- way to sustainable mobility. A comparative analysis of sustainable mobility plans in Spain. *Transport policy*, 72, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.07.001>
- MUSAL. Movilidad Urbana Sustentable de América Latina. (2014). *Libro Blanco de la Movilidad Urbana Sustentable de América Latina*. Secretaria General de SIBRT. https://redsimus.com/pdf/libro_blanco.pdf
- Mutavdžija, M., Kovačić, M., y Buntak, K. (2024). Moving towards Sustainable Mobility: A Comparative Analysis of Smart Urban Mobility in Croatian Cities. *Sustainability*, 16(5), 2004. <https://doi.org/10.3390/su16052004>
- Oliver Wyman Forum. (2023). *Urban Mobility Readiness Index*. <https://www.sipotra.it/wp-content/uploads/2024/01/Urban-Mobility-Readiness-Index-2023-REPORT.pdf>
- ONU. Naciones Unidas. (1972). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/recursos/224844/Contenido/C%20conferencias/6%20Conf%20NU%20MA%20Des%201992.pdf>
- ONU. Naciones Unidas. (1973). *Informe de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. Nueva York. <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n73/039/07/pdf/n7303907.pdf?token=koHxhf0TScD0RQ8RJe&fe=true>
- ONU. Naciones Unidas. (1992). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*.
- ONU. Naciones Unidas. (2000). *Informe del Milenio*. <https://www.un.org/spanish/milenio/ares552.pdf>
- ONU. Naciones Unidas. (2012). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible*. https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_evento/docfinalrio20.pdf
- ONU. Naciones Unidas. (2015). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- ONU. Naciones Unidas. (2015). *Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework_A.RES.71.313%20Annex.Spanish.pdf
- ONU. Naciones Unidas. (2019). *Iniciativa para la prosperidad urbana*. <http://70.35.196.242/onuhabitatmexico/cpi/Reporte-CPI-2019.pdf>
- ONU. Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Edición especial*. https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf
- Öztürk, E. A. (2024). Sustainable urban transportation performance in Ankara: A comparative study. *International Journal of Automotive Science And Technology*, 8(1), 23-29. <https://doi.org/10.30939/ijastech..1369878>
- Papa, E., y Lauwers, D. (2015). Smart mobility: Opportunity or threat to innovate places and cities. In *20th international conference on urban planning and regional development in the information society (REAL CORP 2015)*, 543-550. <https://biblio.ugent.be/publication/5937340/file/5937341>
- <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105551>

- Parris, T. M., y Kates, R. W. (2003). Characterizing and measuring sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources*, 28(1), 559-586.
- Pérez, A., Fernández, P., Prados-Castillo, J. F., y de Castro-Pardo, M. (2022). Constructing fuzzy composite indicators to support water policy entrepreneurship. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 1(3), 100022. <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100022>
- Politis, I., Aranitou, V., Simos, G., Georgiadis, G., Nikolaidou, A., Sdoukopoulos, A., ... y Zikopoulou, O. (2024). A smart KPI system for reinforcing sustainable urban mobility plans under pandemic crises. *Transportation Engineering*, 16, 100248. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2024.100248>
- Quintero-González, J. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 57-72. doi:10.11144/Javeriana.ayd21-40.citm
- Ramzan, M., Abbasi, K. R., Salman, A., Dagar, V., Alvarado, R., y Kagzi, M. (2023). Towards the dream of go green: An empirical importance of green innovation and financial depth for environmental neutrality in world's top 10 greenest economies. *Technological Forecasting and Social Change*, 189, 122370.
- Regmi, M. B. (2020). Measuring sustainability of urban mobility: A pilot study of Asian cities. *Case studies on transport policy*, 8(4), 1224-1232. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.08.003>
- Romero, G. A., y Lugo-Morín, D. R. (2018). El estado del arte de la movilidad del transporte en la vida urbana en ciudades latinoamericanas. *Revista Transporte y Territorio*, (19), 133-157.
- Ruan, F. L., y Yan, L. (2022). Challenges facing indicators to become a universal language for sustainable urban development. *Sustainable Development*, 30(1), 41-57. <https://doi.org/10.1002/sd.2227>
- Schmidt, K., Sieverding, T., Wallis, H., y Matthies, E. (2021). COVID-19—A window of opportunity for the transition toward sustainable mobility? *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100374. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2021.100374>
- Sdoukopoulos, A., y Pitsiava-Latinopoulou, M. A. G. D. A. (2017). Assessing urban mobility sustainability through a system of indicators: The case of Greek cities. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 226, 617-631.
- Šemanjski, S. Mandžuka and S. Gautama, «Smart Mobility,» 2018 International Symposium ELMAR, Zadar, Croatia, 2018, 63-66. doi: 10.23919/ELMAR.2018.8534693
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). *Contribución determinada a nivel Nacional actualización 2022*. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Mexico_NDC_UNFCCC_update2022_FINAL.pdf
- Suélén B., Bianca L., Suane D. A., Moschenc M., Benetti C. S., Ana C. F. y Matheus L. N. (2021). Sustainable mobility scale: A contribution for sustainability assessment systems in urban mobility. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100271. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100271>
- Sultan B., Katar I. M. y Al-Atroush M. E. (2021). Towards sustainable pedestrian mobility

- in riadh city, Saudi Arabia: A case study. *Sustainable Cities and Society*, 69, 102831. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102831>
- Tafidis, P., Sdoukopoulos, A., y Pitsiava-Latinopoulou, M. (2017). Sustainable urban mobility indicators: Policy versus practice in the case of Greek cities. *Transportation research procedia*, 24, 304-312. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.122>
- UITP. Union Internationale des Transports Publics. (2019). *Urban Mobility Indicators*. <https://walk21.com/about-us/partners/uitp/>
- UMP. Urban Mobility Portal. (2023). *Urban Mobility Indicators*. <https://www.urbanmobilityportal.com/indicators>
- Vanli, T. (2024). Ranking of global smart cities using dynamic factor analysis. *Social Indicators Research*, 171(2), 405-437. <https://doi.org/10.1007/s11205-023-03259-7>
- WBCSD. The World Business Council for Sustainable Development. (2020). *Sustainable Mobility Project 2.0 (SMP2.0) Indicators Work Stream*. https://docs.wbcsd.org/2015/12/SMP2.0_Sustainable-Mobility-Indicators_ENG.pdf
- WCED. World Commission on Environment and Development. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común*. Documentos de Las Naciones Unidas. https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Yucesan, M., Özkan, B., Mete, S., Gul, M., y Özceylan, E. (2024). Evaluating sustainability of urban mobility of Asian cities: An integrated approach of interval type-2 fuzzy best-worst method and MULTIMOORA. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 127, 107266. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107266>
- Zunino Singh, D. S., Pérez, V., Hernández, C., y Velazquez, M. (2020). Movilidad pública, activa y segura. Reflexiones sobre la movilidad urbana en tiempos de COVID-19. *Prácticas de Oficio*, 1(25), 67-84. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/121673/CONICET_Digital_Nro.d5228e98-1ea9-41ff-9d1c-30c6ffda8634_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

